Número 90
Marzo 1984

INVESTIGACION Y CIENCIA *Edición en español de* SCIENTIFIC AMERICAN

7 **RESPUESTA PRECOZ DE CONTRAGOLPE, John Steinbruner**
Contempla el disparo de proyectiles nucleares al advertir el lanzamiento de los del enemigo.

22 **EFECTOS ATMOSFERICOS DE EL CHICHON, Michael R. Rampino y Stephen Self**
Esta pequeña erupción mexicana de 1982 produjo la mayor nube volcánica desde el Krakatoa.

34 **COLISIONES A ALTA ENERGIA ENTRE NUCLEOS ATOMICOS, Wm. C. McHarris y John O. Rasmussen** La colisión de núcleos pesados con otros en reposo genera anomalones.

52 **ARROZ, M. S. Swaminathan**
De la familia de las gramíneas, gran parte de la población humana funda en él su alimentación.

66 **LAGARTIJAS UNISEXUALES, Charles J. Cole**
Ciertas poblaciones de lagartijas sólo tienen hembras y se reproducen por partenogénesis.

74 **CONTROL DE LA SINTESIS DE RIBOSOMAS, Masayasu Nomura**
La partícula que traduce ARN mensajero en proteínas se forma según requerimiento celular.

88 **EMPAQUETAMIENTO DE ESFERAS, N. J. A. Sloane**
¿Cuál es la colocación más densa de esferas? La respuesta nos lleva a la codificación digital.

100 **MINEROS Y METALURGICOS ANTIGUOS EN HUELVA, Antonio Blanco Freijeiro**
Los restos arqueológicos confirman los testimonios griegos sobre la California del cobre.

3 AUTORES

4 HACE...

46 CIENCIA Y SOCIEDAD

110 JUEGOS DE ORDENADOR

116 TALLER Y LABORATORIO

123 LIBROS

128 BIBLIOGRAFIA

SCIENTIFIC AMERICAN

COMITE DE REDACCION: Gerard Piel (Presidente), Dennis Flanagan, Brian P. Hayes, Philip Morrison, John M. Benditt, Peter G. Brown, Michael Feirtag, Diana Lutz, Jonathan B. Piel, John Purcell, James T. Rogers, Armand Schwab, Jr., Joseph Wisnovsky

DIRECCION EDITORIAL: Dennis Flanagan
DIRECCION ARTISTICA: Samuel L. Howard
PRODUCCION: Richard Sasso
DIRECTOR GENERAL: George S. Conn

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR: Francisco Gracia Guillén
REDACCION: José María Valderas Gallardo (Redactor Jefe)
Carlos Oppenheimer
José María Farré Josa
PRODUCCION: César Redondo Zayas
VENTAS Y PUBLICIDAD: Elena Sánchez-Fabrés
PROMOCION EXTERIOR: Pedro Clotas Cierco
EDITA: Prensa Científica, S. A.
Calabria, 235-239
Barcelona-29 (ESPAÑA)

Colaboradores de este número:

Asesoramiento y traducción:

Fernando José Rodilla: *Respuesta precoz de contragolpe*; Manuel Puigcerver: *Efectos atmosféricos de El Chichón*; Ramón Pascual: *Colisiones a alta energía entre núcleos atómicos*; Enrique Sánchez Monge: *Arroz*; Joandomènec Ros: *Lagartijas unisexuales*; Santiago Torres: *Control de la síntesis de ribosomas*; Luis Bou: *Empaquetamiento de esferas* y *Juegos de ordenador*; J. Vilardell: *Taller y laboratorio*.

Ciencia y sociedad:

Antonio Prevosti y José A. Cabezas Fernández del Campo

Libros:

Domingo Fletcher, Luis Bru, Juan A. Navarro, Jaume Nubiola y M. García Velarde

LA PORTADA

La pintura de portada muestra un agricultor asiático plantando arroz en un campo cubierto por unos 10 centímetros de agua. Característica distintiva del arroz es que, gracias a su sistema de ventilación, que lleva oxígeno de las hojas a las raíces, puede desarrollarse en suelos inundados. Algunas especies crecen hasta 25 centímetros diarios en suelos anegados y sobreviven en aguas de hasta cinco metros de profundidad (véase "Arroz", de M. S. Swaminathan, en este número). El arroz pertenece al género *Oryza*; su especie asiática, la que presenta mayor número de variedades, es *O. sativa*. Cerca de 2000 millones de personas fundan en el arroz la fracción principal de su dieta. El terreno dedicado al cultivo del cereal alcanza los 145 millones de hectáreas, pese a lo cual, de no haber sido por el reciente desarrollo de variedades de alto rendimiento y con resistencia a enfermedades, la demanda habría superado la producción mundial.

Suscripciones:
Prensa Científica, S. A.
Calabria, 235-239
Barcelona-29 (España)
Teléfono 322 05 51 ext. 37

Condiciones de suscripción:
España:
Un año (12 números): 3.850 pesetas
Extranjero:
Un año (12 números): 52 U.S. $
Ejemplar atrasado ordinario:
350 pesetas
Ejemplar atrasado extraordinario:
450 pesetas

Distribución para España
Distribuciones de Enlace, S. A.
Ausias March, 49 - Barcelona-10

Distribución para los restantes países:
Editorial Labor, S. A.
Calabria, 235-239 - Barcelona-29

Publicidad:
Madrid:
Gustavo Martínez Ovin
Avda. de Moratalaz, 137 - Madrid-30
Tel. 430 84 81
Cataluña:
Lourdes Padrós
Manuel Girona, 61, 2.° - Barcelona-34
Teléfono 204 45 83

Controlado
por O.J.D.

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Pintura de la portada de Teresa Fasolino

Página	Fuente
9-17	Jerome Kuhl
23	René Canul, Comisión Federal de Electricidad (*arriba*); Brian R. Wolff (*abajo*)
24	Brian R. Wolff
25-26	Todd Pink
27	Michael Matson, National Oceanic and Atmospheric Administration
28	Arlin J. Krueger, Goddard Space Flight Center
29	Todd Pink
30	Alan Robock, Universidad de Maryland, Michael Matson, National Oceanic and Atmospheric Administration y Todd Pink
32	Todd Pink
35-36	Lawrence Berkeley Laboratory
37-39	Walken Graphics
40	Lawrence Berkeley Laboratory
41-42	Walken Graphics
52	Jurgen Schmitt, The Image Bank
54	Patricia J. Wynne
55-57	Andrew Tomko
58	Charles Moore, Black Star (*arriba*); Andrew Holbrooke, Black Star (*abajo*)
59	Andrew Tomko
60	Patricia J. Wynne
61-62	Andrew Tomko
67-72	Patricia J. Wynne
75-82	Ian Worpole
83	Michael Beer, Universidad Johns Hopkins, Theo Koller, Instituto Federal Suizo de Tecnología, y Masayasu Nomura, Universidad de Wisconsin
84-85	Ian Worpole
88-92	Gabor Kiss
93-94	N. J. A. Sloane, Laboratorios Bell, y Gabor Kiss
96	John Horton Conway, Universidad de Cambridge, N. J. A. Sloane, Laboratorios Bell, y Gabor Kiss
97	N. J. A. Sloane, Laboratorios Bell, y Gabor Kiss
98	John Leech, Universidad de Stirling, y Gabor Kiss
101	A. Blanco Freijeiro
102-104	Juan Cotoner y A. Blanco
105	A. Blanco
106	Juan Cotoner y A. Blanco
107-109	A. Blanco
117	Jearl Walker (*arriba y abajo*), David A. Katz (*en el centro*)
118-122	Michael Goodman

Ex Libris
Scan & Digit

The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

https://labibliotecadeldrmoreau.blogspot.com/

Los autores

JOHN STEINBRUNER ("Respuesta precoz de contragolpe") es director de estudios de política exterior de la Institución Brookings. Licenciado por la Universidad de Stanford, se doctoró en ciencias políticas por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), donde por algún tiempo ejerció la enseñanza. Luego se trasladaría al Instituto de Política de la Universidad de Harvard, continuando con las clases al tiempo que dirigía el Programa para la Ciencia y los Asuntos Internacionales. Ingresó más tarde en la Universidad de Yale, de la que fue profesor de ciencias políticas. Abandonó Yale en 1978 para responsabilizarse de su cargo actual.

MICHAEL R. RAMPINO y STEPHEN SELF ("Efectos atmosféricos de El Chichón") son geólogos que colaboran en un estudio sobre las erupciones volcánicas y su efecto sobre el clima mundial. Cuenta Rampino: "Me licencié por el Hunter College y obtuve el doctorado en ciencias geológicas por la Universidad de Columbia. Desde 1978 hasta 1980 disfruté de una beca de investigación otorgada por la Academia Nacional de Ciencias, para trabajar en el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Desde 1980 soy investigador adjunto del Instituto Goddard, en el departamento de geología de Columbia. En Goddard me incorporé al grupo que trabajaba en la elaboración de un modelo del clima global; en concreto, uno que trataba de predecir los efectos atmosféricos de las erupciones volcánicas explosivas". Self, que nació en Inglaterra, comenzó su formación en la Universidad de Leeds; prosiguió sus estudios de geología en el Imperial College of Science and Technology, que le concedió el doctorado en esa materia. Realizó trabajos de campo en Nueva Zelanda y formó parte del cuerpo docente de la Universidad del estado de Arizona antes de acceder a su actual cargo en el departamento de geología de la Universidad de Texas en Arlington.

WM. C. McHARRIS y JOHN O. RASMUSSEN ("Colisiones a alta energía entre núcleos atómicos") son químicos nucleares que comparten un mismo interés por el tema de su artículo. McHarris estudió en el Oberlin College y en la Universidad de California en Berkeley; se doctoró en química nuclear por Berkeley en 1965, incorporándose entonces a la Universidad estatal de Michigan, donde enseña química y física. Rasmussen se licenció por el Instituto de Tecnología de California recibiéndose luego de doctor por Berkeley, institución en cuyo claustro ingresó en 1952 y al que pertenece desde entonces, salvo un intervalo: el cuatrienio (1969-1973) que le contrató la Universidad de Yale. Ha sido profesor visitante del Instituto Nobel de Física de Estocolmo y becario de la Fundación Nacional para la Ciencia del Instituto Niels Bohr.

M. S. SWAMINATHAN ("Arroz") dirige el Instituto Internacional de Investigaciones Arroceras de Filipinas. En su carrera profesional ha combinado los estudios genéticos con la aplicación de los resultados científicos a la práctica agrícola. Nacido en Kumbakonum, ciudad del sur de la India, se licenció por la Escuela Agrícola de Coimbatore, prosiguiendo estudios de genética en el Instituto de Investigaciones Agrarias de la India (IIAI). Tras una estancia en Holanda y en la Universidad de Cambridge, se recibió de doctor por esta institución en 1952. Ingresó entonces en la Universidad de Wisconsin. En 1954 regresó a la India, trabajando para el IIAI. En 1972 fue nombrado director general del Consejo indio de Investigaciones Agrarias, cargo en el que se mantuvo hasta 1979, cuando accedió a la secretaría de desarrollo agrícola y rural del gobierno indio.

CHARLES J. COLE ("Lagartijas unisexuales") es conservador del departamento de herpetología del Museo Americano de Historia Natural de Nueva York. Se licenció por la Universidad Wesleyana, completando el segundo ciclo universitario en la de Kansas; es doctor por la Universidad de Arizona. En la investigación sobre los saurios unisexuales que se describe en este artículo contó con la ayuda de su hijo, Jeffrey A. El estudio ha recibido apoyo financiero de la National Geographic Society y de la National Science Foundation norteamericanas.

MASAYASU NOMURA ("Control de la síntesis de ribosomas") escribe: "Recibí mi educación durante los tristes años que siguieron a la segunda guerra mundial en Japón. Me especialicé en microbiología y química de la fermentación en un departamento de ciencia aplicada de la Universidad de Tokio. Elegí ese departamento porque pretendía encontrar trabajo en la industria, no porque pensara convertirme en científico. No obstante, después de seguir algunos cursos de ciencia aplicada, creció mi interés por la ciencia básica. Por aquella época empezaron a llegar los ecos del desarrollo de la biología molecular, campo que me entusiasmó, y en 1957 me trasladé a los Estados Unidos con una beca postdoctoral. Durante los tres años siguientes trabajé en los laboratorios de Sol Spiegelman, en la Universidad de Illinois, James D. Watson, en Harvard, y Seymour Benzer, en Purdue. Volví al Japón en 1960 como profesor del Instituto de Investigación en Proteínas, de la Universidad de Osaka. A los tres años tomé la difícil decisión personal de abandonar mi país para ir a hacer ciencia a los Estados Unidos".

N. J. A. SLOANE ("Empaquetamiento de esferas") es miembro de la plantilla técnica de los Laboratorios Bell. Nacido en Gales, se formó en Australia y en los Estados Unidos. Se licenció por la Universidad de Melbourne, doctorándose por Cornell. Nombrado profesor auxiliar de ingeniería eléctrica de la Universidad de Cornell, en 1967, permaneció en ella por dos años, trasladándose después a los Laboratorios Bell. En su trabajo científico, Sloane se ha ocupado de teoría de codificación, teoría de comunicación y matemática combinatoria.

ANTONIO BLANCO FREIJEIRO ("Mineros y metalúrgicos antiguos en Huelva") es catedrático de arqueología de la Universidad Complutense de Madrid. Estudió filología y arqueología en las universidades de Madrid, Oxford y Heidelberg. Ha sido conservador del Museo del Prado y autor del *Catálogo de la escultura* de dicho museo; director de la Academia Española de Bellas Artes en Roma y catedrático de arqueología, epigrafía y numismática de la Universidad de Sevilla entre 1959 y 1973. Su libro de *Arte griego* va por la quinta edición y su *Arte antiguo del Asia Anterior* por la tercera; es autor, además, de varias obras sobre mosaicos romanos de España y colaborador como autor y traductor de muchos artículos aparecidos en *Investigación y Ciencia*. Es miembro del consejo asesor del IAMS (Institute of Archaeo-Metallurgical Studies, London), numerario de la Real Academia de la Historia en Madrid, del Deutsches Archäologisches Institut en Berlín y de otras sociedades eruditas.

Respuesta precoz de contragolpe

Las presiones en favor de la adopción de esta estrategia, que contempla el disparo de armas nucleares al advertir el lanzamiento de las del enemigo, ponen de manifiesto la creciente inestabilidad del equilibrio nuclear

John Steinbruner

La decisión de la Administración Reagan de instalar 100 misiles MX en silos de Minuteman plantea serios interrogantes sobre su política en el campo de las fuerzas estratégicas nucleares. La teórica vulnerabilidad de la fuerza Minuteman a un ataque por sorpresa por parte de los misiles balísticos intercontinentales (ICBM) soviéticos, cada vez más precisos, fue el argumento esgrimido para justificar la prosecución del programa MX. Sin embargo, tras un detenido análisis de más de treinta modalidades alternativas de instalación de los MX, la Administración, siguiendo los consejos de la Comisión Presidencial para Fuerzas Estratégicas (la comisión Scowcroft), reconoció que ninguno de los modelos propuestos garantizaba la supervivencia de la fuerza MX ante un ataque nuclear soviético; ni podría, por tanto, reaccionar con una respuesta adecuada. Con semejante conclusión a la vista, lo menos que puede decirse de un plan que prevé el despliegue del primer contingente de los nuevos misiles MX en las viejas instalaciones es que le falta lógica.

La verdad es que la situación puede resultar aún peor. El MX de diez ojivas es un arma mucho más peligrosa que el Minuteman III, de menor tamaño y dotado sólo de tres ojivas, el más contundente de cuantos ICBM posee el arsenal norteamericano. Según las mejoras previstas en cuanto a precisión, la capacidad destructiva total de cada MX superará entre 16 y 24 veces la de un misil Minuteman III. Si en los demás aspectos no se produjese ninguna variación, el despliegue de los MX en silos de Minuteman incrementaría los alicientes de la Unión Soviética para intentar un ataque por sorpresa contra esas instalaciones, lo que a la postre menguaría la estabilidad del actual equilibrio de disuasión nuclear.

¿Se mantendrán sin alteración los demás aspectos? En su defensa de la última decisión sobre los MX, en abril de 1983, ante una Comisión del Congreso, el Secretario de Defensa, Caspar W. Weinberger, y el Presidente de la Junta de Jefes de Estado Mayor, General John W. Vessey, Jr., señalaron que algo podría cambiar, a saber, la disposición de Estados Unidos a soportar un ataque inicial antes de comprometerse a emprender una acción de represalia. Aunque ambas personalidades se negaron a entrar públicamente en detalles, de sus puntualizaciones se desprendía que Estados Unidos podría estar planeando acompañar el despliegue de misiles MX con una mayor inclinación al lanzamiento de sus ICBM en cuanto tuviese pruebas suficientes del inicio de un ataque soviético, antes de acusar el golpe.

Esta política, comúnmente denominada de "lanzamiento ante alerta" o de "respuesta precoz de contragolpe", la han defendido muchos estrategas como solución al problema de la vulnerabilidad de los ICBM; otros la han criticado por entenderla una peligrosa consecuencia del problema de la vulnerabilidad. Tras esa disparidad de criterios se esconde uno de los más difíciles problemas de la actual política de seguridad internacional.

Al abordar la cuestión, que guarda una relación directa con las posibilidades de una guerra nuclear, conviene distinguir varios niveles de análisis. En un primer nivel se esgrimen argumentos teóricos sobre estrategia nuclear, apoyados en cálculos estrictamente técnicos. En un segundo nivel se esbozan reflexiones prácticas, fruto de aplicar esas teorías a la estructura de la fuerza estratégica de Estados Unidos. Por último, existe la realidad militar subyacente, que raras veces se reconoce en los debates de la política de seguridad nacional. El problema que aquí se analiza cambia significativamente de carácter según se afronte desde cada una de esas diferentes perspectivas.

En el plano de la discusión teórica, la vulnerabilidad de los ICBM está clara y tajantemente definida. Por cálculos convencionales, los estrategas occidentales han evaluado la probabilidad de que una instalación fija de ICBM –un silo– sobreviva a un ataque nuclear. Estos cálculos se basan en un escaso número de factores técnicos, todos los cuales pueden medirse con cierto grado de precisión: la solidez de los silos, o resistencia al daño causado por una explosión, número, potencia explosiva, precisión y funcionamiento operativo conjunto de las ojivas atacantes. Las características de las ojivas más avanzadas hacen que toda proporción de ojivas contra silos superior a 2,5 a 1 dé una tasa de supervivencia de ICBM muy baja, próxima a la destrucción completa. Se estima que, en el momento actual, la Unión Soviética sobrepasa con creces esa proporción contra la fuerza ICBM estadounidense. Combinando 550 misiles Minuteman III, portadores de tres ojivas cada uno, con 100 misiles MX, portadores a su vez de diez ojivas, los Estados Unidos tendrían una capacidad semejante contra los 638 silos que albergan las más modernas ojivas de la fuerza ICBM soviética.

Según la teoría dominante de disuasión nuclear, que presupone que las acciones de ambas partes se rigen por refinados juicios racionales, esta vulnerabilidad mutua de las fuerzas ICBM crea una amenaza de fuerza nuclear limitada y la posibilidad de una coacción política fundada en tal amenaza. Es de suponer que, bajo la presión de una crisis grave, cualquier parte podría iniciar un ataque dirigido exclusivamente contra las instalaciones vulnerables de ICBM de la otra, al objeto de desarmarla parcialmente y establecer una superioridad militar. Al haber perdido lo más preciso y mejor dispuesto de su fuerza defensiva, la víctima, teóricamente racional, no podría responder de modo semejante y, ante las perspectivas de un daño aún mayor, renunciaría a emprender acciones de represalia

contra otros objetivos civiles y militares, buscando en consecuencia un entendimiento político que evitara la escalada bélica. Siguiendo esta lógica, la vulnerabilidad de ambos ICBM parece dar una victoria importante, aunque parcial, al bando que se apreste a explotar la situación.

La política sistemática de lanzamiento ante ataque (la aquí llamada respuesta precoz de contragolpe) solucionaría así ese problema. Cálculos técnicos, comparables en sus grandes rasgos científicos a los empleados para definir el problema de la vulnerabilidad de los ICBM, sugieren que, en principio, es detectable el inicio de un ataque del adversario y, factible, lanzar parte de la fuerza ICBM amenazada antes de recibir el golpe. La variante más refinada de esta idea, postulada por Richard L. Garwin, aboga por un sistema de sensores infrarrojos en el espacio para detectar los misiles atacantes en su fase de lanzamiento y medir la escala del ataque. La información se transmitiría a estaciones terrestres de los Estados Unidos y la confirmarían las correspondientes autoridades nacionales. Un sistema de comunicaciones de emergencia basado en un satélite ya situado en órbita o en un cohete especialmente lanzado a tal efecto retransmitiría entonces, de acuerdo con los planes establecidos, las órdenes de lanzamiento de una parte importante, aunque limitada, de la fuerza ICBM en peligro.

Según Garwin, habría un despliegue suficiente de sensores, enlaces de comunicación y procesamiento de la información del sistema para protegerlo contra un ataque directo y para hacer descender hasta niveles sumamente bajos la probabilidad teórica de una falsa detección de ataque y su respuesta violenta. En la mayoría de los casos, los mecanismos para el lanzamiento definitivo estarían bloqueados, dando así al sistema la posibilidad de una comprobación permanente del diagnóstico realizado, al tiempo que impediría –siempre en teoría– cualquier respuesta de represalia por un fallo debido al azar. Para casos imprevistos y urgentes por razones de seguridad, se instrumentaría como alternativa una serie de controles internos, que permitiría el funcionamiento del sistema de modo automático –tras la previa confirmación del ataque por los responsables de la decisión– o con diversos grados de intervención humana, para así proporcionar una protección más y evitar una acción de represalia no deseada.

En el marco teórico descrito, semejante sistema podría presentar al potencial agresor la suficiente incertidumbre para eliminar todo el incentivo de iniciar un ataque que ofrece la vulnerabilidad de las instalaciones de ICBM enemigas. Puesto que cualquier probabilidad razonablemente elevada de éxito en una respuesta precoz ejercería seguramente ese efecto, la víctima en potencia podría aceptar, digamos, un 20 por ciento de posibilidades de fracaso al emprender una acción de represalia contra ataques reales y mantener aún un fuerte poder disuasorio. De acuerdo con las teorías dominantes avaladas por los cálculos técnicos, si aceptamos que los ICBM son vulnerables, no parece existir razón alguna para descartar la solución que supone un sistema elaborado de respuesta precoz de contragolpe.

En un plano de análisis más práctico, existen buenas razones para dudar de la validez tanto del planteamiento del problema como de la solución al mismo. Los métodos organizativos por los que se rige el manejo de las armas estratégicas hacen muy improbable que un ataque por sorpresa contra silos de ICBM, así como la respuesta protectora de lanzamiento ante ataque, se desarrollen de acuerdo con los cálculos teóricos. Pero en la política estratégica de los Estados Unidos han pesado otras razones. Mientras que la cuestión de la vulnerabilidad de los silos se consideraba un auténtico problema que exigía solución práctica, la instrumentación segura de medidas de respuesta se juzgaba tan poco práctica que ni siquiera se intentó un esfuerzo sistemático para desarrollar la capacidad necesaria.

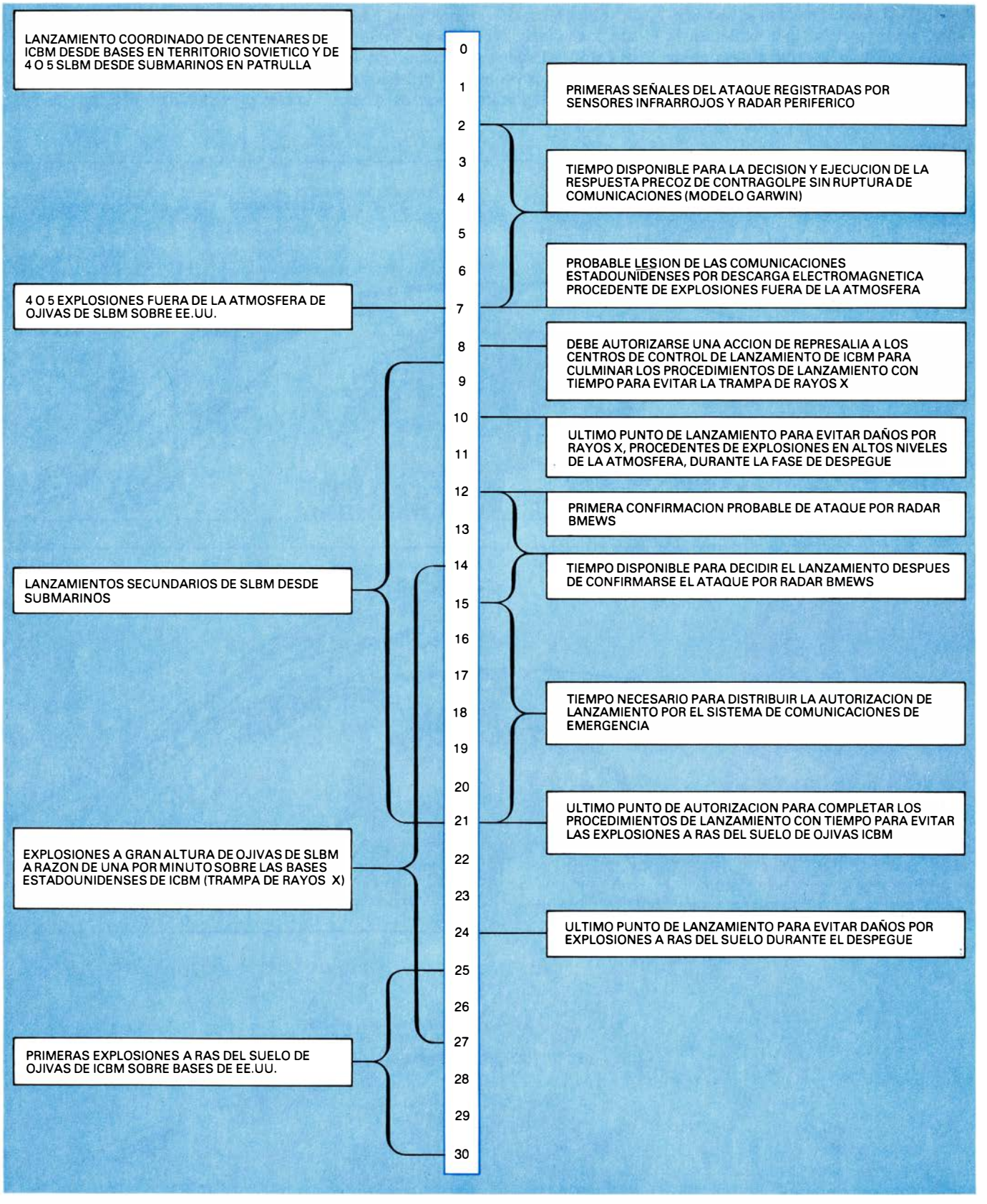
Los problemas prácticos del ataque y de la respuesta arrancan de un mismo origen: el conflicto entre las exigencias de paz y las de guerra, que puede contemplarse en términos técnicos como el contrapeso de dos tipos de errores. Al desplegar fuerzas ofensivas que disuadan de una guerra, el objetivo primordial en tiempos de paz es necesariamente evitar el uso accidental o no autorizado de tales armas (lo que los estados mayores denominan errores de tipo I). Evitar errores de ese tipo significa mantener un control negativo. Si llegase realmente a estallar la guerra, los ataques de represalia para lograr algún éxito militar importante se convertirían en el objetivo primordial; cobraría especial relieve entonces reducir los fallos en el lanzamiento de armas contra objetivos previamente asignados (errores de tipo II). La prevención de errores de este tipo exige un control positivo (activo). Por su propia naturaleza, los controles positivo y negativo se hallan en mutuo conflicto. Privilegiar uno supone postergar el otro, hasta donde determinen puntualmente las disposiciones del mando para cada uno de los sistemas de armas estratégicas.

Este conflicto se ve especialmente agudizado en la práctica por una generalizada descentralización del control, necesaria por otro lado en atención al enorme poder destructivo de las armas nucleares. No se puede encerrar un moderno arsenal estratégico en un solo emplazamiento, ni siquiera en un pequeño número de ellos, sin que se corra el riesgo de que esos puntos sean identificados y destruidos por sorpresa, con la consiguiente incapacitación de toda la fuerza. Conscientes de esa realidad, los Estados Unidos han dispersado su capacidad nuclear en numerosos emplazamientos, algunos de ellos móviles, y entre centenares de oficiales. A lo que parece, la Unión Soviética ha hecho otro tanto.

Norteamérica asegura el control negativo a través de múltiples cortapisas físicas y limitaciones a los procedimientos organizativos, que hacen imposible que un individuo dispare armas nucleares e improbable que se congregue la necesaria combinación de personas –que van de dos a diez, o aún a más, según las circunstancias– en ausencia de la debida autoridad política. Con lo que impone este control disperso, el cronómetro se convierte en un factor importante en las operaciones con armas nucleares. En general, es bastante difícil mantener mecanismos de control negativo y conseguir al propio tiempo una precisa secuencia temporal de las operaciones ofensivas.

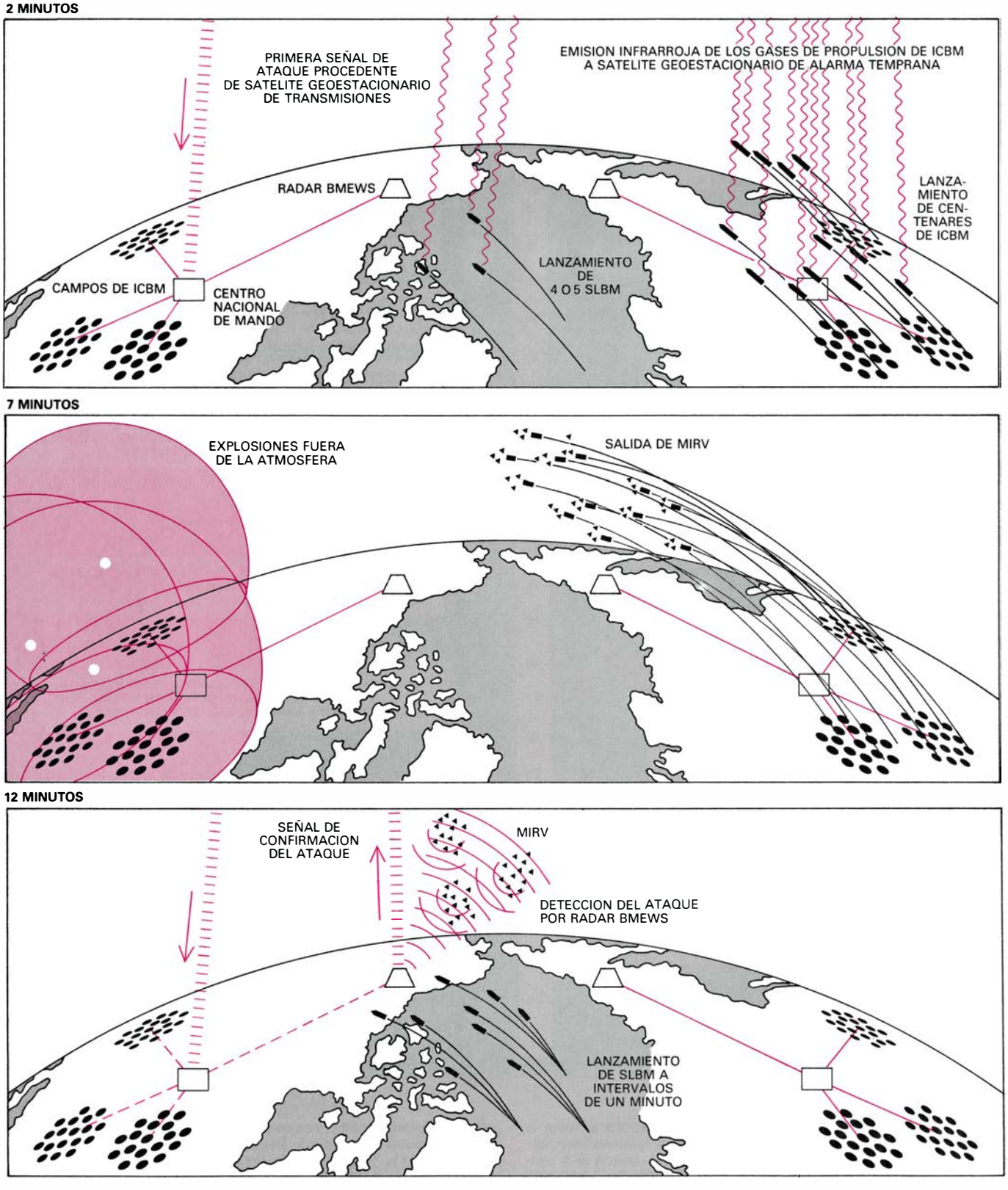
En un ataque contra silos se hace necesario un riguroso control del factor tiempo, a fin de reducir las interferencias entre las ojivas que explotan en la misma zona. En el caso de una base estadounidense típica de Minuteman, el ataque a los distintos silos tiene que efectuarse de sur a norte, y la cadencia de las ojivas que atacan a un mismo silo debe controlarse cuidadosamente en relación con la potencia y la precisión de las mismas. Es más, la acción debe cumplirse al primer intento, y en ella entran en juego de 2000 a 3000 ojivas. Los errores en el cálculo de los tiempos situarían los resultados del ataque muy por debajo de su potencial teórico.

Cualquier agresor en potencia, capaz de combinar complejos cálculos técnicos con un poco de sentido común, apreciará que estas incertidumbres le quitan muchos de los estímulos que teóricamente le ofrece el lanzamiento de un ataque por sorpresa [véase "Vul-



1. HIPOTETICA SUCESION DE ACONTECIMIENTOS tras la orden de ataque por sorpresa contra Estados Unidos por misiles balísticos intercontinentales (ICBM) soviéticos. Es imprescindible un estricto control de la sucesión temporal del proceso en un ataque contra silos de ICBM, así como para oponer unas medidas eficaces de respuesta precoz de contragolpe. El actual sistema norteamericano Minuteman quedaría expuesto a una quiebra de las comunicaciones durante el proceso de confirmación del ataque y de ejecución del contrataque. Una variante altamente automatizada, postulada por Richard L. Garwin, trataría de evitar dicha indefensión haciendo que los misiles se dispararan en la acción de represalia antes de transcurrir cinco minutos desde la primera señal de la orden de ataque. (SLBM son las siglas de *Sea-Launched Ballistic Missiles*, misiles balísticos instalados en submarinos.)

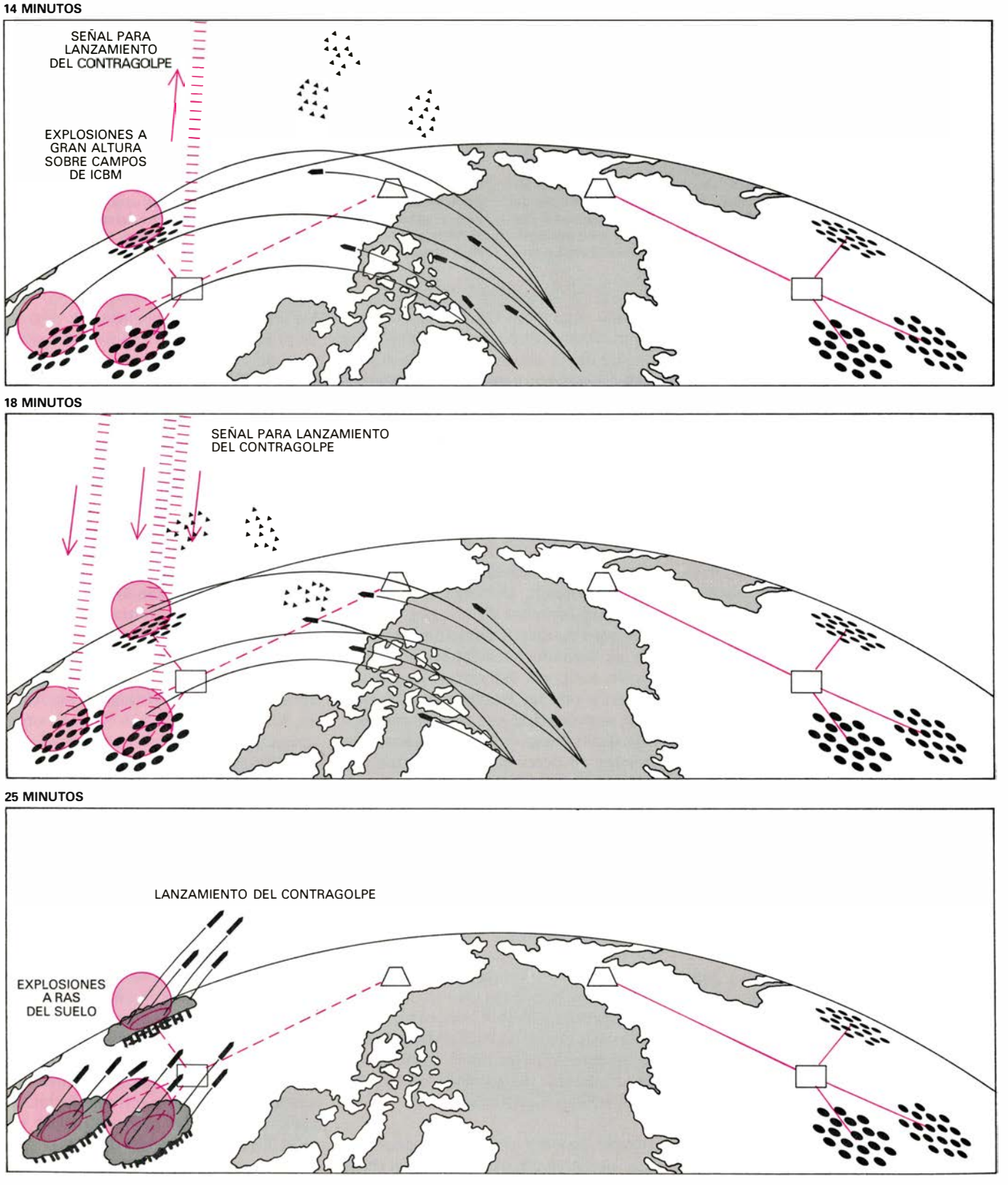
nerabilidad ante un ataque nuclear por sorpresa", por Matthew Bunn y Kosta Tsipis; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, enero de 1984]. Sí puede concebirse una operación a sangre fría, que explotara la ventaja que da la iniciativa para pasar por alto todos los mecanismos de control negativo de la parte atacante (sin dar ninguna señal externa) y que automatizase completamente las secuencias del ataque, resolviendo así el problema de sincronización cronológica. Ante esta posibilidad, teóricamente factible, los Estados Unidos no se han detenido en estudiar los problemas prácticos del atacante, y todos los esfuerzos se han centrado en buscar soluciones que aliviaran la vulnerabilidad de los silos dentro de los límites de esta definición técnica, en especial, aquella solución que no esté supeditada a errores de planificación cronológica en las secuencias del ataque. A juzgar por los diversos costos previstos para el programa MX,



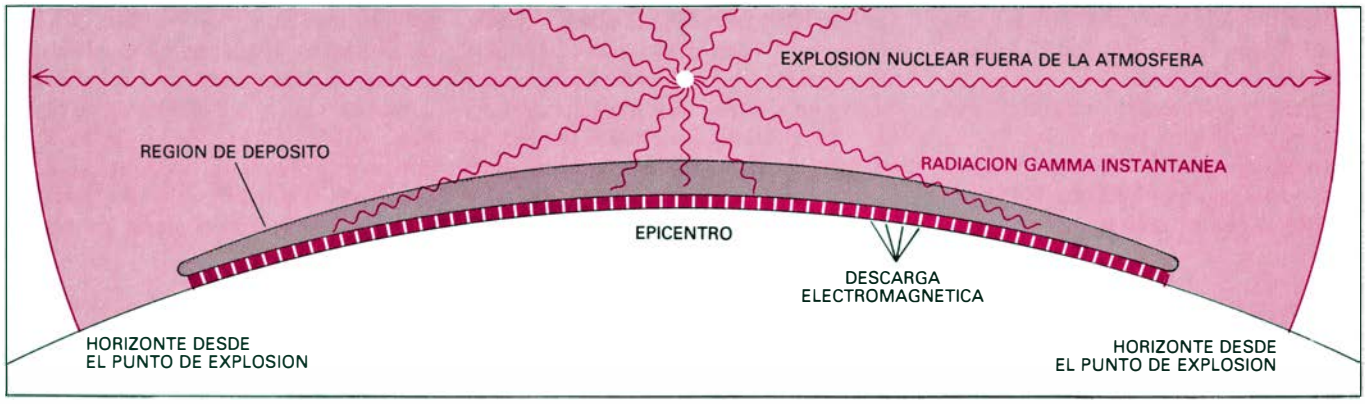
2. SEIS ETAPAS de la secuencia del hipotético ataque de la figura 1. En este supuesto, la decisión de emprender una acción de represalia no se tomaría hasta después de que el Sistema de Alerta Temprana de Misiles Balísticos (BMEWS, *Ballistic Missile Early Warning System*) confirmara el ataque. Los

se han considerado aceptables gastos del orden de entre 30.000 y 50.000 millones de dólares.

También es necesario controlar la sucesión cronológica para llevar a cabo con éxito una política de respuesta precoz de contragolpe. Durante los primeros tres o cuatro minutos de su vuelo, los ICBM estadounidenses serían mucho más vulnerables a las explosiones nucleares producidas sobre sus bases que si continuasen encerrados en sus silos. Por ello, los errores de tiempo en la ejecución del lanzamiento ante ataque podrían favorecer la destrucción de los misiles norteamericanos, que no colaborar en su superviviencia. A escasa altura, en los primeros instantes de su fase de lanzamiento, estos misiles se verían expuestos a los escombros y partículas y a los fuertes vientos levantados por las explosiones a ras de suelo, cuya finalidad asignada sería destruir los silos. Fuera de la atmósfera, los misiles



ICBM norteamericanos se lanzarían con tiempo suficiente para evitar los daños subsiguientes a las explosiones detonadas a ras de suelo; deberían atravesar, sin embargo, una barrera de explosiones provocadas a gran altura sobre todas las bases de ICBM para cerrar el paso a los misiles en su huida.



3. DESCARGA ELECTROMAGNETICA producida por una explosión nuclear de elevada potencia detonada a cerca de 500 kilómetros sobre la superficie de la tierra. Tendría efectos devastadores sobre las comunicaciones en una extensa área. Los rayos gamma instantáneos, emitidos por tal explosión, arrancarían electrones de las moléculas de aire de los altos niveles de la atmósfera en una zona circular, en forma de tarta, denominada "región de depósito". Los electrones libres experimentarían una aceleración radial por efecto del campo magnético terrestre, que los separaría de los iones más pesados y de carga positiva, produciéndose, por un complejo mecanismo, las condiciones necesarias para una descarga electromagnética de alto voltaje dirigida hacia abajo, que se manifestaría en forma de afloramientos eléctricos simultáneos en los conductores expuestos en tierra. En una explosión de la suficiente magnitud, los efectos destructores de esta descarga electromagnética de alto voltaje llegarían hasta el horizonte, la tangente a la tierra desde el punto de explosión (en este caso, hasta un radio de unos 2400 kilómetros desde el epicentro de la explosión). A su vez, la ruptura del campo magnético terrestre provocada por la explosión desencadenaría una segunda descarga electromagnética, de mucha menor magnitud, pero de mayor duración.

se verían expuestos al efecto perjudicial de los rayos X emanados de explosiones nucleares detonadas a gran altura. Puesto que la duración del vuelo de los ICBM soviéticos se calcula en 25 o 30 minutos, considerando que recoger, procesar y transmitir las primeras señales indicadoras del ataque (las estelas dejadas por los misiles atacantes en su fase de lanzamiento) tarda dos minutos, se contaría con algo menos de media hora para evaluar el ataque, decidir el contrataque y efectuar un lanzamiento de represalia, en respuesta a un ataque que concerniese únicamente a los ICBM. El tiempo con que se cuenta podría ser aún menor en caso de que los soviéticos utilizasen misiles lanzados desde submarinos para generar rayos X por medio de explosiones nucleares detonadas a una altitud de unos 160 kilómetros sobre los campos de ICBM.

Sin tener que ampliar los objetivos elegidos para un ataque directo, la Unión Soviética podría causar incluso serios daños al sistema de mando norteamericano, que cubre las necesarias funciones de evaluar el ataque, decidir las represalias y dar la orden de disparo. Los misiles lanzados desde submarinos soviéticos podrían detonarse, siete minutos después y a una altura de 480 kilómetros sobre el territorio continental de Estados Unidos, provocando explosiones nucleares que no causarían en tierra efectos explosivos, ni térmicos, ni de radiación inmediata, pero que crearían descargas electromagnéticas de dos tipos. Se generaría una primera descarga, del orden de 50.000 volt por metro, que apenas duraría una milésima de segundo, cuando los rayos gamma originados por las explosiones arrancaran electrones de las moléculas de aire de los altos niveles de la atmósfera y los electrones libres se dispusieran en círculo en torno a las líneas de fuerza magnéticas de la tierra. La descarga electromagnética resultante se recogería, según el ángulo de incidencia, en cualquier conductor expuesto y alcanzaría los equipos eléctricos o electrónicos conectados al conductor, interrumpiendo su funcionamiento o provocando su destrucción total.

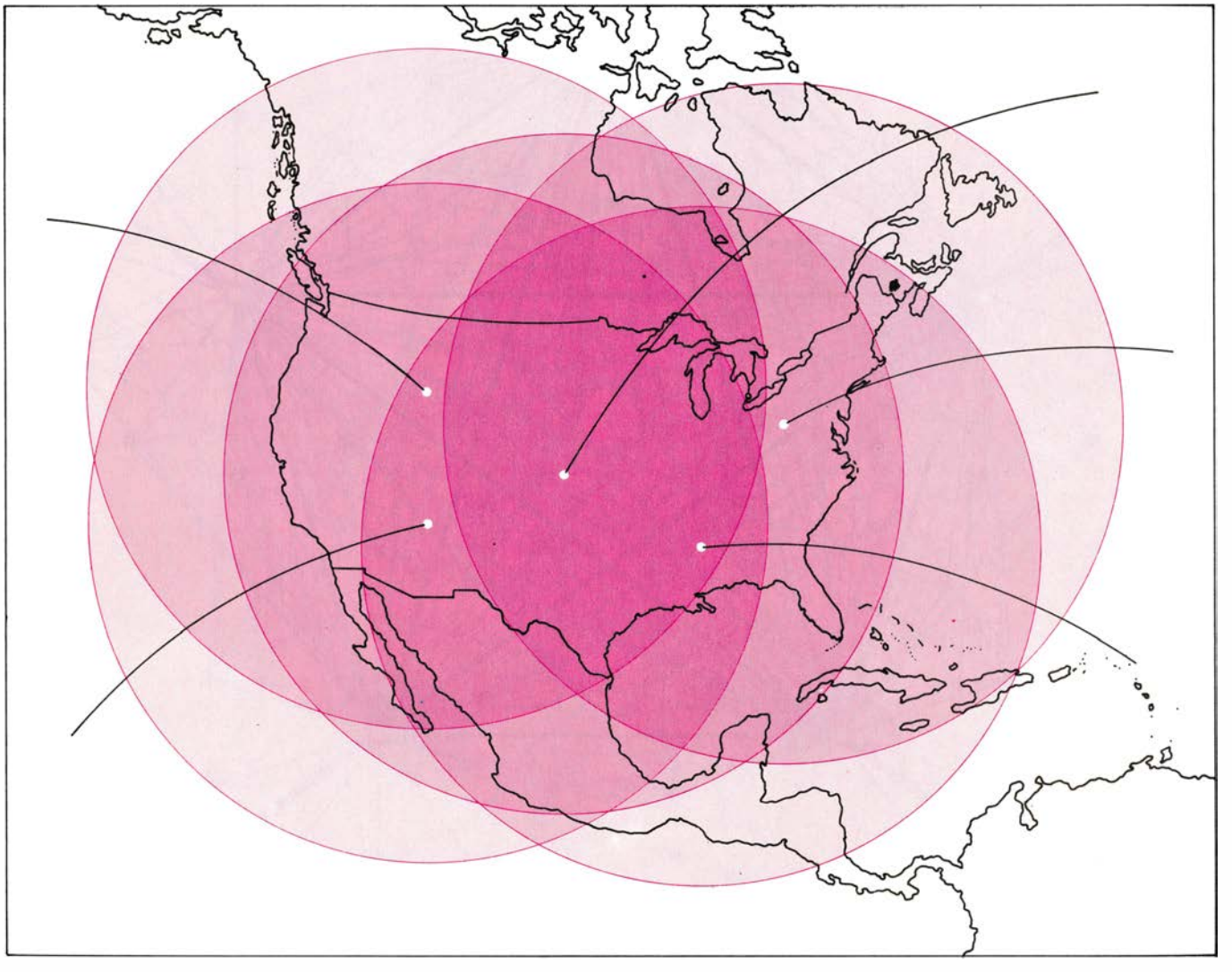
Una segunda descarga, de menor magnitud (decenas de volt por kilómetro) pero de mayor duración (centenares de segundos) resultaría de la alteración temporal del campo magnético terrestre por las explosiones. En este caso se produciría una importante ruptura de las líneas de comunicaciones terrestres en decenas de kilómetros. La complejidad de estos fenómenos y la imposibilidad de ensayarlos a escala real impiden la elaboración de cálculos precisos, pero está bien claro que los actuales sistemas de comunicaciones de líneas terrestres y las redes eléctricas locales correrían serios riesgos. No sabemos qué ocurriría exactamente si el territorio de Estados Unidos se viese sujeto en su totalidad a la caída de miles, o tal vez de decenas de miles, de relámpagos altamente acelerados, pero todo cálculo práctico debe predecir forzosamente fallos de los sistemas de comunicaciones, del suministro eléctrico y del equipo electrónico.

Cabe suponer que, en ausencia de descarga electromagnética u otros factores que provoquen deliberadamente la ruptura del sistema de mando, los sensores de inteligencia, los centros de proceso de la información y los sistemas de comunicaciones existentes en Estados Unidos podrían por sí solos cubrir las necesidades de un lanzamiento ante ataque contra el procedente de ICBM. Los sensores infrarrojos instalados en satélites geosincrónicos podrían detectar en cuestión de segundos el lanzamiento de un misil soviético y en pocos minutos podrían llegar a Estados Unidos las señales de alerta procesadas, indicando la magnitud aproximada del ataque y confirmando si éste va dirigido directamente contra Norteamérica. En 15 minutos, los radares del Sistema de Alerta Precoz de Misiles Balísticos (*Ballistic Missile Early Warning System*, BMEWS) instalados en Alaska, Groenlandia y Gran Bretaña ofrecerían una confirmación independiente e indicaciones generalizadas de las zonas de Estados Unidos objeto del ataque. A esta información habría que añadir la ofrecida a los 20 minutos por el radar antimisiles balísticos (ABM) instalado en Grand Forks, Dakota del Norte. Combinando estos indicadores se podría distinguir con seguridad un ataque real de cualquier otro fenómeno. A los pocos minutos de las primeras señales de alerta podrían celebrar el presidente y la cúpula militar una reunión por medio de sistemas de telecomunicación. Si con la primera confirmación del ataque se comunicase la autorización para responder, entrarían en acción todos los mecanismos de lanzamiento de misiles que comportan un control negativo dentro del plazo previsto para que los ICBM norteamericanos saliesen de sus silos hacia zonas de seguridad.

Sin embargo, una descarga electromagnética haría muy improbable el desarrollo pleno de esta secuencia. Los probables fallos de las líneas terrestres interrumpirían la transmisión de la información de alerta, pudiéndose producir la recepción de órdenes militares de alta velocidad de transmisión, bien al comienzo del ataque, bien después de los primeros indicadores de alerta, que quedaran sin ejecutar. Las comunicaciones de emergencia incólumes habrían de aprovechar en gran medida las transmisiones por radio a muy alta frecuencia entre aeronaves, que a su vez deberían despegar en respuesta a una alerta de ataque. (Pero, hoy por hoy, tales aeronaves no están suficientemente protegidas contra los efectos de una descarga electromagnética de alta intensidad.) La transmisión de mensajes a todo el país a través de esa red requeriría unos seis minutos. Con la ruptura de la red de transmisiones de alta frecuencia y los bloqueos subsiguientes, el sistema de comunicaciones que quedase en funcionamiento sólo podría operar a velocidades lentas, en las bandas de baja y muy baja frecuencia, y se necesitarían posiblemente casi 10 minutos para transmitir el mensaje en clave autorizando la acción de represalia.

Ante la distribución parcial de señales de alerta y la interrupción de las comunicaciones, los mecanismos normales de mando, sujetos a las exigencias del control negativo, retrasarían con toda seguridad el lanzamiento de salvaguardia de los misiles norteamericanos; la misma improvisación de medidas para tratar de agilizar el proceso acarrearía el riesgo de comportar resultados nefastos: lanzamientos con ligeros errores temporales expondrían a los misiles estadounidenses a su destrucción en la fase de lanzamiento. Dada la capacidad militar actual, parece confirmarse el criterio dominante según el cual una respuesta precoz de contragolpe, por insegura, resulta inviable.

De acuerdo con las medidas previstas por el actual plan quinquenal de defensa, se corregirán y se reforzarán puntos débiles del sistema de mando estadounidense. Las medidas más importantes conciernen a la protección, contra los efectos de las descargas electromagnéticas generadas por explosiones detonadas fuera de la atmósfera, de los principales puestos de mando en tierra y aire, de las aeronaves encargadas de la transmisión de comunicaciones y, en menor cuantía, de las principales líneas terrestres de comunicaciones. Una red de emisoras en tierra proporcionará información de la alerta transmitiendo en baja frecuencia, un enlace que no depende de cables, vulnerables por su propia naturaleza. Se crearán pequeñas estaciones móviles encargadas de recibir información pro-

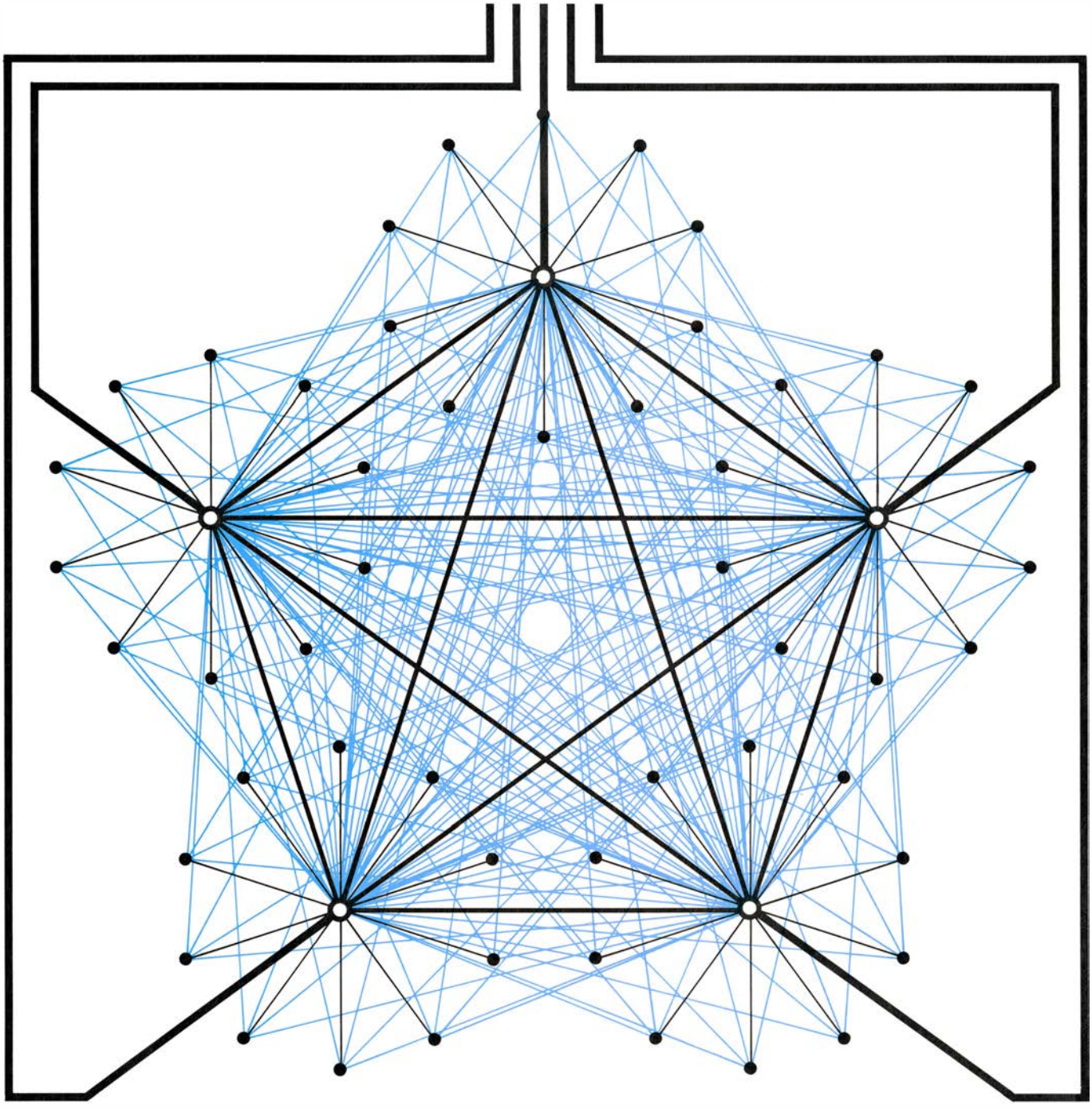


4. LA TOTAL COBERTURA DE ESTADOS UNIDOS por los efectos electromagnéticos destructivos de una explosión nuclear fuera de la atmósfera podría lograrse, en principio, detonando una sola ojiva nuclear de un megatón a una altura de cerca de 500 kilómetros sobre el centro del país. Dado que el daño causado por la descarga electromagnética de alto voltaje dependería en parte de la orientación de los conductores expuestos a la dirección del impulso, el hipotético atacante optaría probablemente por crear un modelo envolvente de efectos, confiando cuatro o cinco ojivas nucleares a esta fase del ataque. Si las cargas se lanzaran desde submarinos situados en la zona donde suelen patrullar, alcanzarían sus puntos de explosión en unos siete minutos.

cedente de satélites de alerta precoz y se dotará a los bombarderos de receptores de muy baja frecuencia, lo que permitirá fortalecer notablemente las comunicaciones por radio, más allá de la línea de percepción de la red de aeronaves de enlace.

Estas mejoras dificultarán la quiebra del sistema de mando norteamericano, sin que para ello tengan que ampliarse, de modo importante y provocador, los objetivos a atacar directamente con los efectos normalmente previstos de la onda expansiva de las explosiones nucleares. Pero el programa no se ha elaborado para proporcionar esa capacidad coherente y fiable de respuesta precoz de contragolpe que se ha descrito de modo teórico; en la práctica, dejará a Estados Unidos muy por debajo de esa capacidad, diferencia ésta que puede medirse en décadas de esfuerzos. Antes de que pueda alcanzarse el consenso necesario para emprender esos esfuerzos, habrá que plantearse seriamente cómo inciden en la concepción global del problema el estado del sistema de mando y los aspectos de control.

Desde esta última perspectiva, más general, la reconocida inviabilidad de una política de lanzamiento ante ataque plantea problemas de seguridad mucho más graves que el de la vulnerabilidad de los silos. Si el sistema de mando norteamericano puede resentirse de modo importante por los efectos electromagnéticos producidos por un pequeño número de explosiones fuera

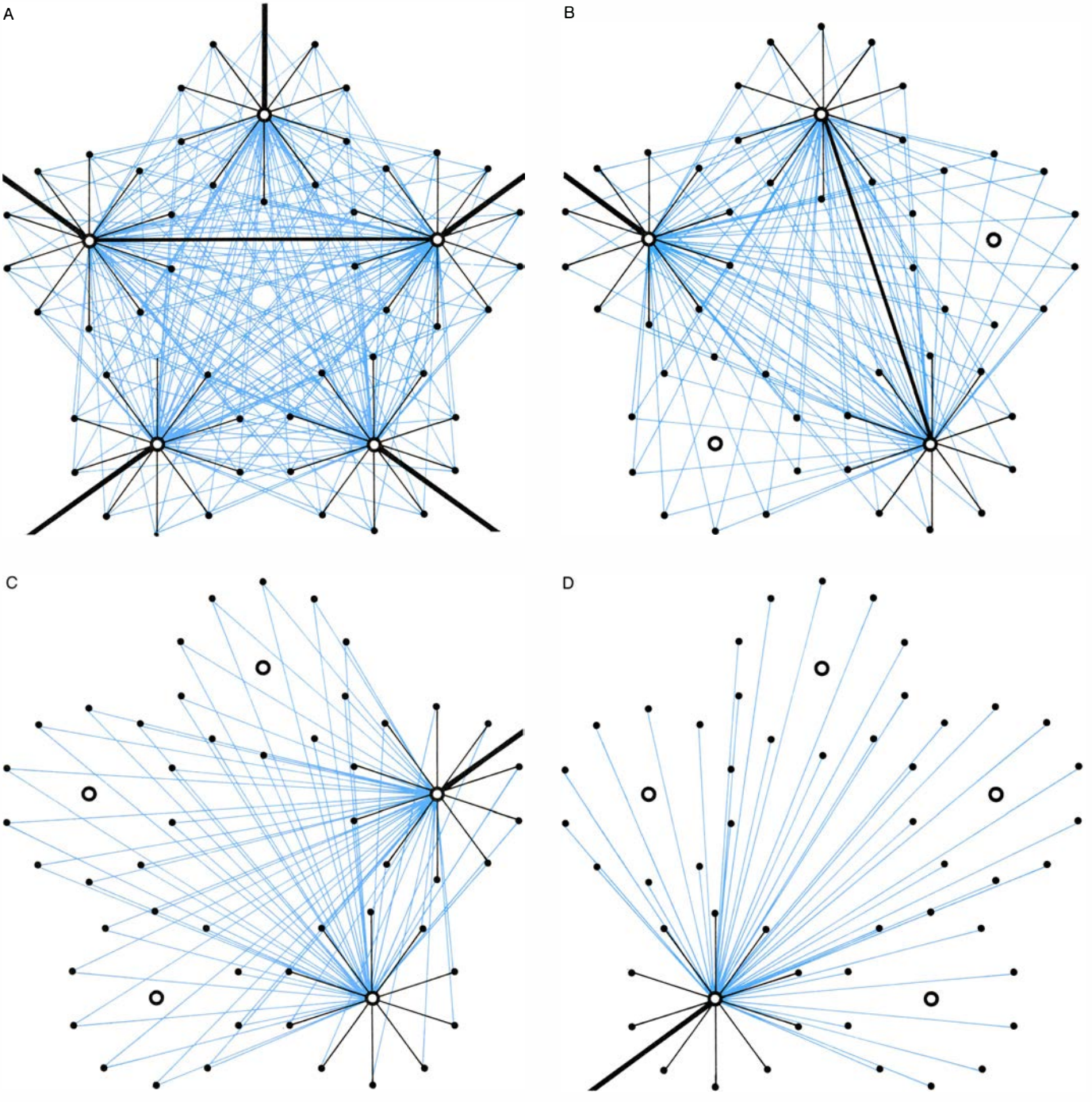


5. SISTEMA DE MANDO de los 50 misiles de un escuadrón de Minuteman II, esquematizado. El diseño se funda en un modelo simplificado del que desarrollaron por ordenador Paul Morawski y Bruce G. Blair, de la Institución Brookings. Las líneas de comunicaciones unen los cinco centros de control con el mundo exterior (*líneas negras gruesas*), cada centro con cada uno de los restantes (*líneas negras de trazo intermedio*) y con cada uno de los 50 misiles. Cada centro suele tener responsabilidad de primer grado sobre 10 misiles (*líneas negras de trazo fino*) y responsabilidades de supervisión sobre los 40 restantes (*líneas de color*). El programa de ordenador incorpora complejas reglas que contienen procedimientos de control positivo y negativo.

de la atmósfera, lo destruirán los efectos directos de la onda expansiva de algunos centenares de armas, o quedará seriamente dañado con la detonación de sólo 50 armas. Estos ataques no requerirían especiales exigencias operativas, en términos de comportamiento técnico de las ojivas ni del grado de posibles interferencias entre ellas. Si el lanzamiento de salvaguardia de los misiles durante un ataque resulta amenazado por la quiebra del sistema de mando, cabe poner en tela de juicio el posterior disparo de las armas que sobrevivan al ataque, pudiendo albergarse también serias dudas en cuanto a la ejecución de acciones de represalia planeadas coherentemente.

Además, aunque se cree que el sistema de mando soviético está más protegido, los efectos destructores de las armas nucleares alcanzan de por sí tal magnitud para cualquier red de mando que las diferencias de exposición entre uno y otro bando antagónico no parecen revestir mayor interés, habida cuenta de la potencia de fuego de que podría hacerse uso. Por tanto, cabe concluir que para ambos bloques la vulnerabilidad del conjunto de sus sistemas de mando estratégico encierra una importancia mucho mayor que la vulnerabilidad de sus armas; y ello es así desde que hace dos décadas comenzaron, Este y Oeste, el primer despliegue a gran escala de misiles balísticos ofensivos.

Comparada con la vulnerabilidad de los silos, la vulnerabilidad del sistema



6. CUATRO SITUACIONES DE DAÑO en el sistema de mando de un escuadrón de Minuteman II, expuestas por orden creciente de gravedad. En la situación *A* se asignan dos centros de control al estado operativo calificado de normal (con todos los enlaces de comunicaciones intactos) y tres se hallan en situación vertical (han perdido los enlaces con los otros centros). En la situación *B*, un centro es vertical, dos son horizontales (han perdido los enlaces con los comandantes del exterior) y dos han desaparecido (todos los enlaces destruidos). En la situación *C*, un centro es vertical, otro mudo (sólo le quedan los enlaces con los misiles) y tres centros han desaparecido. En la situación *D* un centro es vertical, mientras que los otros cuatro han desaparecido.

de mando ofrece un aliciente mucho más poderoso para iniciar un ataque antes de que se sufran los daños, aliciente que no procede de la oportunidad definida teóricamente por complejos cálculos teóricos, sino de temores de orden práctico ante una decisiva derrota en una guerra que no pueda evitarse. Sea cual fuere la política de seguridad nacional declarada en tiempos de paz, este aliciente ejerce sobre los responsables militares, tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética, presiones potencialmente abrumadoras en favor de decidir una acción por sorpresa de primer golpe en caso de grave crisis, cuando tengan que enfrentarse con las perspectivas de una guerra inevitable.

Para evaluar las consecuencias convendría contar con cálculos de los efectos de un ataque nuclear sobre todo el sistema de mando, a imagen de los que se usan para evaluar los efectos sobre silos de misiles. Tales cálculos no se han debatido en público, por la natural reserva de los asuntos relacionados con la seguridad y porque el problema conlleva complejas interacciones de organización técnica y humana, y no se ha efectuado una rigurosa evaluación de esos problemas. A pesar de lo cual, y sin pretender una evaluación estadísticamente válida, podemos esbozar un modelo conceptual de las interacciones entre las vulnerabilidades del sistema de mando, los métodos para asegurar los controles positivo y negativo y las secuencias temporales del ataque y la respuesta al mismo.

Paul Morawsky y Bruce G. Blair, de la Institución Brookings, han elaborado un modelo simple, bajo la forma de programa de ordenador, que incorpora las disposiciones para el mando y las normas de procedimiento para el lanzamiento de los 50 misiles de un escuadrón Minuteman II publicadas a mediados de la década de 1970. Este sistema constituye una parte muy pequeña de la red de mando estratégico de Estados Unidos e incorpora sólo una fracción de su complejidad y algo, muy poco, de su profundidad jerárquica. Refleja solamente parte de las operaciones de un auténtico escuadrón. Sin embargo, en esta representación tan simplificada, ciertos resultados parecen apuntar algunas de las presiones internas con las que se enfrentarían, presumiblemente, las fuerzas estratégicas reales.

El modelo muestra cinco centros de control distintos y enlazados entre sí y con cada uno de los 50 misiles [*véase la figura 5*]. Las normas que determinan las acciones de cada centro reflejan los procedimientos de control negativo y positivo que deben seguirse para activar los misiles Minuteman II. Cada centro tiene una responsabilidad de primer grado sobre 10 misiles (un ejemplo de control positivo) y responsabilidades de control sobre los 40 restantes (control negativo). Asimismo, cada centro es sustituto de otro, de modo que, si se destruyera uno, su sustituto asumiría la responsabilidad de los misiles (control positivo) que le correspondían. Cada centro ejecutará lo dispuesto para establecer un plan conjunto de objetivos para los 50 misiles, asignar objetivos a los misiles que se hallen bajo su jurisdicción y lanzar o retener en tierra sus misiles primarios (control positivo), pero sólo tras cumplir escrupulosamente con lo dispuesto para corroborar que las instrucciones son válidas (control negativo).

Para cada vértice de este pentágono, el procedimiento de convalidación exige la confirmación de otro centro de control del sistema (control negativo). Sólo se lanzará un misil hacia el objetivo que tiene asignado si la orden recibida en tal sentido la confirma un segundo centro de control. Este segundo vetará las órdenes de lanzamiento del primero si las considera inadecuadas: porque no haya recibido ni convalidado una orden de autorización (control negativo) o porque no haya satisfecho sus

	PLAN I: REPRESALIA CONVENCIONAL		PLAN II: REPRESALIA CON URGENCIA DE TIEMPO		PLAN III: REPRESALIA LIMITADA	
SITUACIONES DE LOS CENTROS DE MANDO	SE RECIBEN LAS ORDENES ANTES QUE EL DAÑO	SE RECIBEN LAS ORDENES DESPUES DEL DAÑO	SE RECIBEN LAS ORDENES ANTES QUE EL DAÑO	SE RECIBEN LAS ORDENES DESPUES DEL DAÑO	SE RECIBEN LAS ORDENES ANTES QUE EL DAÑO	SE RECIBEN LAS ORDENES DESPUES DEL DAÑO
A	P = 100 N = 0	P = 94 N = 1	P = 100 N = 0	P = 93 N = 0	P = 100 N = 0	P = 95 N = 3
B	P = 99 N = 0	P = 0 N = 0	P = 95 N = 3	P = 0 N = 0	P = 96 N = 8	P = 0 N = 0
C	P = 98 N = 2	P = 0 N = 0	P = 91 N = 5	P = 0 N = 0	P = 90 N = 14	P = 0 N = 0
D	P = 42 N = 1	P = 44 N = 2	P = 19 N = 1	P = 23 N = 0	P = 36 N = 0	P = 40 N = 0

7. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MODELO de operación de un escuadrón de Minuteman II. Se indica, por separado, la puntuación media de los controles positivo y negativo tras 10 iteraciones del modelo. La puntuación del control positivo (*P*) da el porcentaje de acciones de contragolpe ejecutadas con éxito, definidas asignando valores ponderados a cuatro categorías de objetivos según la relación 1:2:3:4. Las categorías 2 y 4 representan objetivos militares "urgentes"; su valor se reduce, respectivamente, en un 50 por ciento a los 90 minutos y en un 80 por ciento a los 60 minutos. Se juzga perfecta (*P* = 100) la operación en que todos los misiles se lanzan hacia sus objetivos en el tiempo previsto. La puntuación del control negativo (*N*) ofrece el porcentaje de misiles lanzados hacia objetivos no asignados a ellos con respecto al número total de misiles disparados. En el plan I se asignan los misiles de forma bastante paritaria a las cuatro categorías de objetivos. En el plan II se asignan 15 misiles a la categoría 3 y 35 a la categoría 4. El plan III contempla el lanzamiento de 10 misiles a la categoría 3, y 10 a la cuatro, dejando en reserva 30 misiles. Uno de los problemas detectados es que, en condiciones intermedias de daño (*B, C*), se produce un fallo catastrófico del control positivo si las instrucciones de contragolpe se reciben después de sufrir los daños. El sistema logra efectuar el lanzamiento de contragolpe en la situación de peor daño (*D*), pero con un retraso de 90 minutos. En las situaciones *B* y *C* se produce asimismo un fallo, estadísticamente inferior, del control negativo; se disparan algunos misiles cuyo despegue debería haberse suspendido.

asignaciones de objetivos para todos los misiles (control positivo). Un veto cancelaría la orden de lanzamiento de cualquier centro (control negativo), pero no tendría efecto si dos centros coincidiesen en la orden de lanzamiento (control positivo). Si la orden de lanzamiento de un centro no recibiera confirmación ni veto, se ejecutaría (control positivo), pero con cierto retraso (control negativo). Estas normas constituyen sólo parte de la complejidad del procedimiento para el lanzamiento de misiles balísticos cuando la cadena de mando no está unificada.

	PLAN II SEGUIDO DE PLAN I		PLAN III SEGUIDO DE PLAN I	
PLANES DE DESIGNACION DE OBJETIVOS	LAS NUEVAS ORDENES LLEGAN ANTES QUE EL DAÑO	LAS NUEVAS ORDENES LLEGAN DESPUES DEL DAÑO	LAS NUEVAS ORDENES LLEGAN ANTES QUE EL DAÑO	LAS NUEVAS ORDENES LLEGAN DESPUES DEL DAÑO
PLANES CONVENCIONALES	P = 98 N = 2	P = 51 N = 13	P = 98 N = 2	P = 69 N = 3
REASIGNACION DE OBJETIVOS APLICADA AL PLAN I	P = 87 N = 7	P = 49 N = 15	P = 87 N = 7	P = 68 N = 13

8. NO ES FIABLE YA EL MODELO si se le exige el cumplimiento de órdenes más complejas. En este caso, el sistema de mando recibe instrucciones en el sentido de ejecutar los planes II o III y cambiar luego al plan I. Se sufre el daño en el intervalo comprendido entre la recepción de los dos bloques de instrucciones o tras la recepción de las últimas instrucciones. En general, los resultados reflejan fallos de los dos tipos de control, positivo y negativo. Cuando se modifican las asignaciones de objetivos añadidos al plan normal (*fila inferior*) el proceso entero tarda más en cumplirse y quedan pendientes algunas operaciones de reasignación de objetivos cuando llega el momento de lanzar los misiles. (Dibujos de Jerome Kuhl.)

El modelo ejecuta estos procedimientos en una secuencia cronológica continuada y eficaz y excluye los errores que cabe prever si hubiesen de llevarlos a cabo seres humanos desconcertados y atemorizados, al borde de la guerra nuclear. Pero tiene en cuenta los daños físicos que pueda causar el ataque del adversario sobre las líneas de comunicaciones, asignando cada centro a uno de los cinco estados operativos siguientes: normal (con todos los enlaces de comunicaciones intactos); vertical (con pérdida de los enlaces con otros centros); horizontal (con pérdida del enlace con los comandantes del exterior); mudo (sólo se mantienen los enlaces con los misiles); y desaparecido (ha quedado inutilizado, con todos los enlaces destruidos). De este abanico de posibilidades surgen hasta 525 condiciones de grave daño parcial en una red de cinco centros. Incluso excluyendo todos los errores de procedimiento y sin posibilidad alguna de iniciar ninguna acción fuera de las ordenadas por las instrucciones que se han dado, las interacciones entre la cronología de los daños sufridos por la red y la ejecución de los procedimientos de control establecidos podrían producir resultados distintos de los buscados por las instrucciones. Fallos que afectan al control negativo y al positivo.

Se han obtenido algunos resultados representativos del modelo bajo cuatro situaciones diferentes de daños en la red del centro de mando, ordenadas en cierta medida por su diferente grado de gravedad [*véase la figura 7*]. En todos lo casos, las instrucciones ordenan simplemente la ejecución de un solo plan de objetivos para todos los misiles. Se hicieron pruebas con tres diferentes planes de objetivos: dura represalia sin restricciones, castigo de objetivos militares y contragolpe circunscrito. En cada caso se compara el funcionamiento del sistema cuando se reciben las instrucciones poco antes de acusar el golpe con su puesta en acción cuando el daño precede a las instrucciones. A pesar del grave daño descrito, el modelo funciona bien en general, pero se advierten algunos problemas importantes. Las situaciones de daño medio (denominadas *B* y *C*) provocan un fallo catastrófico del control positivo cuando las instrucciones para decretar la represalia llegan después de acusar el golpe. En tales circunstancias, las reglas de procedimiento provocan contradicciones internas y no se lanza ningún misil. En la situación de haber sufrido el más grave daño (*D*), el sistema consigue replicar con una acción de represalia ordenada, pero con un retraso considerable (90 minutos), lo que reduce el supuesto valor del ataque con urgencia a objetivos como aeródromos, bases de submarinos, misiles móviles y centros de mando. El control negativo suele tener éxito; mas en las situaciones de daño medio se despliegan misiles que debían retenerse en tierra en la hipótesis o plan de contragolpe circunscrito.

El sistema modelizado de mando pierde eficacia en cuanto se le pide que ejecute instrucciones más complejas, que supongan dirigir el proceso de represalia bajo las presiones de tiempo que impondrían las operaciones de respuesta precoz de contragolpe [*véase la figura 8*]. Primero se dan instrucciones al sistema para que ejecute uno de los planes limitados y luego se cambia hacia una acción de represalia total. El daño se sufre en el intervalo de tiempo que transcurre entre la recepción de las dos series de instrucciones o después de la llegada de las nuevas instrucciones. El promedio de resultados obtenidos en las diez pruebas que se ilustran señala fallos de control positivo y negativo.

El análisis de los resultados de los distintos ensayos, considerados por separado, revela dos fuentes diferentes de fracaso. Al pasar de un plan de objetivos a otro, se mantuvo el primero en dos de las diez pruebas, a pesar de las instrucciones posteriores, según determinó el factor azar de cuál de los centros sería el primero en iniciar las operaciones. Cuando se imponían mayores exigencias (modificar el plan normal asignando objetivos suplementarios a determinados misiles) el proceso completo se ejecutaba en más tiempo. En este caso, las diez pruebas exprimentaron el cambio de planes ordenados, pero algunas de las operaciones de cambio de objetivos no se habían realizado plenamente cuando se ordenó el lanzamiento de los misiles. Este proceso de cambio de planes se parece, en sus exigencias, al de poner fin a un plan de lanzamiento antes de su plena ejecución. En situaciones en que se haya producido ya un cierto daño, no puede suspenderse la acción una vez que la ejecución de las instrucciones esté ya en marcha.

El modelo Brookings tiene más de ejercicio de lógica que de evaluación empírica. Además, sus resultados concretos no son tan importantes como sus implicaciones generales. En la práctica, los misiles Minuteman pueden controlarse desde un puesto de mando con sede en el aire o a través de una red terrestre de controles fijos. Si la aeronave pudiese evitar por sí misma una grave quiebra de las comunicaciones, se obviarían algunos fallos que se señalan entre los resultados del modelo. Pero, aun actuando con gran profundidad y acierto en el procedimiento, el sistema real de mando estratégico no puede evitar los problemas inherentes

que muestra el modelo. La ruptura parcial de las comunicaciones constituye la principal amenaza contra la coherencia de las disposiciones de control, que se hallan repartidas; lo que provoca un sinfín de situaciones posibles demasiado amplio para permitir una clara previsión y agudiza la pugna entre control positivo y negativo.

La cúpula militar consciente de estos problemas no se fiará del funcionamiento de sus fuerzas al sobrevenir una grave ruptura del sistema de mando, ni sabrá cómo conseguir el óptimo equilibrio entre el control negativo y el positivo. Este factor aviva la tendencia a iniciar operaciones ofensivas antes de que se produzca el daño, a fin de garantizar tanto el ajuste temporal como la cobertura de los blancos, necesarios para lograr los objetivos militares. Convierte al sistema de mando adversario en el blanco más deseado para sus propósitos y el medio que mejor se presenta de alcanzar la victoria. De este modo, las dos fuerzas estratégicas que se enfrentan parecen imponer la una a la otra poderosos alicientes para un ataque por sorpresa como el medio más seguro para dominar en un conflicto nuclear.

Esta conclusión presenta una amenaza de guerra muy diferente de las que normalmente se han venido conjugando. Durante varias décadas, la disuasión ha parecido suficientemente potente para garantizar que los dirigentes políticos eviten la guerra nuclear en tanto en cuanto los acontecimientos permaneciesen sujetos a sus decisiones conscientes. Los sistemas de mando existentes proporcionan una seguridad razonable de que un fallo técnico o un error humano no serán la causa desencadenante de una catástrofe. Por esa razón, en circunstancias normales se ha venido considerando la guerra nuclear como una posibilidad bastante remota. Sin embargo, las dos superpotencias nucleares están sujetas a tensiones peligrosísimas en un ambiente de crisis. Una y otra se ven comprometidas a conducir una guerra nuclear por medio de operaciones ofensivas meticulosamente programadas y cuidadosamente ajustadas en el tiempo, que exigen una exacta coordinación entre las diferentes armas que en ella se vean implicadas. Aunque, en principio, ambas aspiran a tener la capacidad de poder ajustar esas operaciones a las circunstancias concretas de la guerra, y aunque ambas han realizado considerables inversiones en la protección de sus fuerzas para la consecución de dicho fin, en realidad ninguna puede garantizar tal coordinación después de haber sufrido las primeras 50 o 100 explosiones nucleares. Si alguna vez la guerra pareciese inevitable, los jefes militares de cada parte a quienes corresponda la ejecución de las misiones que les han sido asignadas intentarán inevitablemente hacerse con el poder que les permita llevar la iniciativa, sea cual fuere la anterior política de seguridad nacional. Y lo harían con un rigor que dependería directamente de la intensidad de la crisis. En ese punto, sus presiones sobre los dirigentes políticos serían apremiantes. Aunque no hay razón para dudar de su permanente deseo de evitar la guerra, sí existen fuertes razones para dudar de su capacidad de poder contener a sus respectivos estados mayores.

Puesto que no ha habido aún ninguna crisis de suficiente gravedad que haya posibilitado calibrar esas presiones, ni las ideas estratégicas predominantes han definido con precisión el problema, éste no se ha apreciado en su magnitud. La crisis cubana de los misiles de 1962 tuvo lugar antes de que ninguna de las dos fuerzas estratégicas hubiese alcanzado la plena madurez; la crisis de Oriente Medio de 1973 no puso en estado de alerta las armas nucleares de ambos mandos. Además, los sistemas de armas que más agravan el problema no son los de avanzada precisión, cuyas capacidades ofensivas se conocen mejor analíticamente, sino los que afectan a la coordinación y al ajuste temporal de las operaciones estratégicas. Por ejemplo, el misil norteamericano de alcance medio Pershing II, que se está instalando en Europa, reduce considerablemente el tiempo de que dispondría el sistema de mando ruso para reaccionar. Igualmente inquietante es la capacidad soviética, presentada a menudo como una amenaza, aunque todavía sin definir claramente, para "colocar a Estados Unidos en situación semejante". Por añadidura, las armas contra satélites, capaces de atacar sistemas vitales de alarma y comunicaciones, reducirían gravemente la cohesión del sistema de mando adversario.

No se ha reconocido aún en el debate público sobre la política de seguridad nacional la importancia de esos avances armamentísticos. Por ello y a la postre, la idea de una respuesta precoz de contragolpe no ha de contemplarse como una solución teórica del problema de la vulnerabilidad de los silos, ni como una política poco práctica que pueda evitarse, sino como un síntoma de la situación cargada de peligros en que se halla la seguridad y que exige más atención que la que hasta ahora se le ha venido prestando.

Bibliografía

Los lectores interesados en una mayor profundización de los temas expuestos pueden consultar los trabajos siguientes:

RESPUESTA PRECOZ DE CONTRAGOLPE

LAUNCH UNDER ATTACK TO REDRESS MINUTEMAN VULNERABILITY? Richard Garwin en *International Security*, vol. 4, n.º 3, págs. 117-139; invierno, 1979-80.

NUCLEAR DECAPITATION. John D. Steinbruner en *Foreign Policy*, n.º 45, págs. 16-28; invierno, 1981-82.

A COMPUTER SIMULATION OF LAUNCH PROCEDURES FOR A SQUADRON OF MINUTEMAN II ICBMs. Paul Morawski en *Simulation*, vol. 41, n.º 1, páginas 16-24; julio, 1983.

EFECTOS ATMOSFERICOS DE EL CHICHON

STRATOSPHERIC SULFURIC ACID FRACTION AND MASS ESTIMATE FOR THE 1982 VOLCANIC ERUPTION OF EL CHICHON. D. J. Hofmann y J. M. Rosen en *Geophysical Research Letters*, vol. 10. n.º 4, págs. 313-316; abril, 1983.

STRATOSPHERIC AEROSOL MASS AND LATITUDINAL DISTRIBUTION OF THE EL CHICHON ERUPTION CLOUD FOR OCTOBER 1982. P. M. McCormick y T. J. Swissler en *Geophysical Research Letters*, vol. 10, n.º 9, págs. 877-880; septiembre, 1983.

CLIMATIC EFFECTS OF THE ERUPTION OF EL CHICHON. Número especial de *Geophysical Research Letters*, vol. 10, n.º 11, págs. 989-1060; noviembre, 1983.

COLISIONES A ALTA ENERGIA ENTRE NUCLEOS ATOMICOS

NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS, MICHIGAN STATE UNIVERSITY, SEPTEMBER 26-OCTOBER 1, 1982. Dirigido por G. F. Bertsch, C. K. Gelbke y D. K. Scott. North-Holland Publishing Co., 1983.

ANOMALONS AS PINUETS BOUND TO NUCLEAR FRAGMENTS: A POSSIBLE EXPLANATION. Wm. C. McHarris y J. O. Rasmussen en *Physics Letters*, vol. 120B, n.º 1, 2, 3, págs. 49-53; 6 de enero de 1983.

ARROZ

TROPICAL CROPS: MONOCOTYLEDONS 1. J. W. Purseglove. John Wiley & Sons, Inc., 1972.

AFRICAN CEREALS: *ELEUSINE*, FONIO, BLACK FONIO, TEFF, *BRACHIARIA, PASPALLUM, PENNISETUM* and AFRICAN RICE. R. Porteres en *Origins of African Plant Domestication*, dirigido por Jack R. Harlan, Jan M. J. de Wet y Ann B. L. Stemler, Mouton Publishers, 1976.

THE ORIGIN, EVOLUTION, CULTIVATION, DISSEMINATION, AND DIVERSIFICATION OF ASIAN AND AFRICAN RICES. T. T. Chang en *Euphytica*, vol. 25, págs. 425-441; 1976.

PRINCIPLES AND PRACTICES OF RICE PRODUCTION. Surajit K. De Datta. John Wiley & Sons, Inc., 1981.

LAGARTIJAS UNISEXUALES

EVOLUTION OF PARTHENOGENETIC SPECIES OF REPTILES. Charles J. Cole en *Symposium on Intersexuality in the Animal Kingdom*, dirigido por Rudolf Reinboth. Springer-Verlag, 1975.

CHROMOSOME INHERITANCE IN PARTHENOGENETIC LIZARDS AND EVOLUTION OF ALLOPOLYPLOIDY IN REPTILES. Charles J. Cole en *Journal of Heredity*, vol. 70, n.º 2, págs. 95-102; 1979.

PARTHENOGENETIC REPRODUCTION IN LIZARDS: HISTOLOGICAL EVIDENCE. Laurence H. Hardy y Charles J. Cole en *Journal of Morphology*, vol. 170, n.º 2, págs. 215-237; 1981.

CONTROL DE LA SINTESIS DE RIBOSOMAS

REGULATION OF RIBOSOMAL PROTEIN SYNTHESIS EN *ESCHERICHIA COLI* BY SELECTIVE mRNA INACTIVATION. Ann M. Fallon, C. Sue Jinks, Geneva D. Strycharz y Masayasu Nomura en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 76, n.º 7, págs. 3411-3415; julio, 1979.

IN VITRO EXPRESSION OF *ESCHERICHIA COLI* RIBOSOMAL PROTEIN GENES: AUTOGENOUS INHIBITION OF TRANSLATION. John L. Yates, Ann E. Arfsten y Masayasu Nomura en *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 77, n.º 4, págs. 1837-1841; abril, 1980.

REGULATION OF RIBOSOME BIOSYNTHESIS IN *ESCHERICHIA COLI*. Masayasu Nomura, Sue Jinks-Robertson y Akiko Miura en *Interaction of Translational and Transcriptional Controls in the Regulation of Gene Expression*, dirigido por M. Grunberg-Manago y B. Safer, Elsevier Science Publishing Company, Inc., 1983.

EMPAQUETAMIENTO DE ESFERAS

TWELVE GEOMETRIC ESSAYS. H. S. M. Coxeter. Southern Illinois University Press, 1968.

LAGERUNGEN IN DER EBENE, AUF DER KUGEL UND IM RAUM. L. Fejes Tóth. Springer-Verlag, 1972.

THE LEECH LATTICE, SPHERE PACKINGS, AND RELATED TOPICS. J. H. Conway y N. J. A. Sloane, Springer-Verlag, 1984.

MINEROS Y METALURGICOS ANTIGUOS EN HUELVA

MINEROS ANTIGUOS ESPAÑOLES. A. Blanco y J. M. Luzón en *Archivo Español de Arqueología* XXXIX, páginas 73-83; 1966.

PRE-ROMAN SILVER MINERS AT RIOTINTO. A. Blanco y J. M. Luzón en *Antiquity* XLIII, págs. 124-131; 1969.

ANCIENT SLAGS IN THE SOUTH WEST OF THE IBERIAN PENINSULA. L. U. Salkield en *La minería hispana e iberoamericana*, I, págs. 85-98; León, 1970.

ANCIENT COPPER MINING AND SMELTING AT CHINFLON (HUELVA, SW SPAIN). B. Rothenberg y A. Blanco en *Scientific Studies in Early Mining and Extractive Metallurgy* (British Museum, Occasional Papers). London, 1980.

EXPLORACIÓN ARQUEOMETALÚRGICA DE HUELVA. A. Blanco Freijeiro y B. Rothenberg. Edit. Labor; Barcelona, 1981.

JUEGOS DE ORDENADOR

THE $3x + 1$ PROBLEM AND ITS GENERALIZATIONS. J. C. Lagarias. De próxima aparición en *The American Mathematical Monthly*.

TALLER Y LABORATORIO

LIGHT AND COLOR IN NATURE AND ART. Samuel J. Williamson y Herman Z. Cummins. John Wiley & Sons, Inc., 1983.